

Anordnung zum Betrieb von Gasturbinen mit Verdampfungskuehlung des Laeufers

Patent number: DE1038839
Publication date: 1958-09-11
Inventor: FRANK DR-ING BERTHOLD; NITSCHKE DIPL-ING
JOACHIM
Applicant: BASF AG
Classification:
- international:
- european: F01D5/08D
Application number: DE1957B044914 19570607
Priority number(s): DE1957B044914 19570607

Report a data error here

Abstract not available for DE1038839

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

DEUTSCHES  PATENTAMT

AUSLEGESCHRIFT 1 038 839

B 44914 Ia/46f

ANMELDETAG: 7. JUNI 1957

BEKANNTMACHUNG
DER ANMELDUNG
UND AUSGABE DER
AUSLEGESCHRIFT:

11. SEPTEMBER 1958

1

Es ist bekannt, die Turbinenläufer von Gasturbinen durch eine Flüssigkeit zu kühlen, die durch im Läufer vorgesehene Hohlräume gefördert wird. Um den Flüssigkeitsspiegel im Läufer auf gleicher Höhe zu halten, ist es üblich, den Druck der Speiseflüssigkeit drehzahlabhängig zu regeln. Man hat auch schon eine elektrische Kontaktsteuerung am Flüssigkeitsring vorgeschlagen, deren Impulse auf das in der Flüssigkeitszuleitung angeordnete Ventil wirken. Ferner ist für Gasturbinenläufer die sogenannte Verdampfungskühlung bekannt, bei der die Kühlflüssigkeit in den Hohlräumen des Läufers ganz oder teilweise verdampft.

Gegenüber der reinen Flüssigkeitskühlung wird mit der Verdampfungskühlung eine intensivere Kühlwirkung erzielt, so daß eine derart gekühlte Gasturbine bei höheren Temperaturen und somit mit besserem Wirkungsgrad betrieben werden kann. Ferner ist die Führung der Kühlflüssigkeit bei der Verdampfungskühlung, insbesondere bei mehrstufigen Turbinenläufern, einfacher, da bei der reinen Flüssigkeitskühlung die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels an allen Stellen so groß sein muß, daß keine Dampfblasen hängenbleiben. Weitere Vorteile der Verdampfungskühlung bestehen in einem geringeren Durchsatz an zu verdampfender Flüssigkeit und in der besseren Verwertbarkeit des entstehenden Dampfes gegenüber dem bei der Flüssigkeitskühlung austretenden warmen Wasser und darin, daß durch die Verdampfung in einem geschlossenen System die zu verdampfende Flüssigkeit selbsttätig in den Turbinenläufer nachgesaugt wird. Um das Versalzen des Läufers zu vermeiden, wurde schon vorgeschlagen, das Kühlmittel im Kreislauf zu führen, es aus einem Speicher über einen Kühler und ein Absperrorgan in den Läufer einzuspeisen und den Dampf dem Läufer zur Steuerung des Dampfdruckes und der Flüssigkeitshöhe über eine Drossel zu entnehmen. Es ist ferner bekannt, das Einspeisesystem des Läufers gegen Wärmeübergang zu isolieren und die lichte Weite der Hohlwelle am Dampfaustritt kleiner zu halten als innerhalb des Läufers.

Es hat sich aber gezeigt, daß die Verdampfungskühlung trotz dieser Maßnahmen eine Reihe von Schwierigkeiten mit sich bringt, die ihre Anwendung in einem Dauerbetrieb erschwert, unter Umständen sogar verbietet.

Bei der Verdampfungskühlung wird in den Hohlräumen des Läufers der Gasturbine zwangsläufig eine Trennfläche zwischen Dampf und Flüssigkeit gebildet. An der Flüssigkeitsoberfläche treten Schwingungen auf, die auch durch Einbauten in den Hohlräumen des Läufers nicht verhindert werden können. Diese Schwingungen werden zuweilen so stark, daß die Turbine stillgelegt werden muß.

Anordnung zum Betrieb von Gasturbinen mit Verdampfungskühlung des Läufers

Anmelder:

Badische Anilin- & Soda-Fabrik
Aktiengesellschaft,
Ludwigshafen/Rhein

Dr.-Ing. Berthold Frank
und Dipl.-Ing. Joachim Nitschke,
Ludwigshafen/Rhein,
sind als Erfinder genannt worden

2

Durch Erwärmung der Kühlflüssigkeit im Einspeisesystem des Turbinenläufers werden ferner Dampfblasen gebildet, die die selbstansaugende Zuführung der Flüssigkeit zum Läufer unterbrechen. Ferner wird der Flüssigkeitsspiegel in den Hohlräumen des Läufers mit steigendem Dampfdruck, z. B. bei stärkerer Verdampfung der Flüssigkeit, oder bei kleiner werdender Drehzahl des Läufers und konstant bleibendem Dampfdruck etwas nach außen verlagert. Dabei wird siedende Flüssigkeit in das Flüssigkeits-Einspeisesystem des Läufers, in dem sich zuvor kaltes Wasser befand, zurückgedrückt. Das warme Wasser hat ein geringeres spezifisches Gewicht. Es strömt somit noch mehr heißes Wasser aus dem Innern des Läufers nach, bis der Läufer vollständig entleert ist. Die selbstansaugende Flüssigkeitseinspeisung ist also in diesem Fall sehr labil.

Es wurde nun gefunden, daß diese Nachteile vermieden werden, wenn das in der die zu verdampfende Flüssigkeit führenden Leitung angeordnete Absperrorgan als Rückschlagventil ausgebildet ist, zu dem eine Pumpe parallel geschaltet ist, die dauernd eine Teilmenge der Kühlflüssigkeit fördert. Ferner ist es vorteilhaft, das Kühlflüssigkeits-Einspeisesystem des Läufers gegen Wärmeübergang von den übrigen Läuferteilen her zu isolieren und gleichzeitig die Temperatur der dem Läufer zuzuführenden Kühlflüssigkeit auf einen Wert herabzusetzen, der in an sich bekannter Weise erheblich unter dem Siedepunkt der Flüssigkeit liegt.

Wird die Lage der Trennfläche zwischen Dampf und Kühlflüssigkeit in den Hohlräumen des Läufers instabil, dann verhindert das Rückschlagventil ein Heraustrreten der Kühlflüssigkeit aus dem Läufer. Die

eine Teilmenge der verdampfenden Kühlflüssigkeit nachfördernde Pumpe hat in diesem Fall nur eine kleine Druckerhöhung aufzubringen, bis so viel Kühlflüssigkeit verdampft ist, daß wiederum Gleichgewicht herrscht und sich das Rückschlagventil öffnet. Stabile Verhältnisse sind gegeben, wenn eine Teilmenge der dem Läufer zuzuführenden Flüssigkeit durch das Rückschlagventil fließt. Dabei tritt in der Pumpe keine Druckerhöhung ein, es ist lediglich darauf zu achten, daß die Pumpe dauernd mitläuft. Andernfalls verdampft kurz nach dem Zurückschlagen die im Einspeisesystem ruhende Kühlflüssigkeit, und nur durch sehr hohe Drücke kann dann erneut Kühlflüssigkeit nachgespeist werden. Dabei würden besonders die am Ort der Flüssigkeitseinspeisung angeordneten Stopfbüchsen stark überlastet und beschädigt werden. Durch die Anordnung nach der Erfindung wird die Selbstansaugung des Läufers und die sich daraus ergebende einfache Steuerung des Kühlmittelkreislaufes in jedem Fall aufrechterhalten, und Pendelungen bzw. Instabilitäten der Verdampfungskühlung werden selbsttätig abgefangen.

Eine Vereinfachung des bekannten geschlossenen Kühlkreislaufes kann dadurch erreicht werden, daß der im Turbinenläufer erzeugte Dampf in an sich bekannter Weise im Kreislauf über eine Drossel, die entweder direkt am Dampfaustritt aus der Turbinenwelle oder in einer sich daran anschließenden Rohrleitung angeordnet ist, dem Speicherbehälter für die Kühlflüssigkeit zugeführt wird. Der Speicherbehälter wird zweckmäßig mit Einbauten versehen, in denen Wasser verdampft, während der primärseitig zugeführte Dampf kondensiert. Wenn ein genügend großes Dampfnetz mit konstantem Druck vorhanden ist, in das der Sekundärdampf eingespeist wird, so ist es nur notwendig, die Dampfdrossel hinter der Turbine zu regeln. Nimmt die Dampferzeugung im Läufer zu, so steigt der primärseitige Dampfdruck im Speicherbehälter etwas an, so daß eine entsprechend größere Wärmemenge auf die Sekundärseite übertragen werden kann.

Zur Abkühlung der im Speicherbehälter bei Siedetemperatur vorhandenen Kühlflüssigkeit wird in die vom Speicherbehälter zur Turbine hinführende Rohrleitung vor der parallel geschalteten Anordnung von Rückschlagventil und Pumpe ein die Kühlmitteltemperatur herabsetzender, für sich bekannter Kühler angeordnet. Die von diesem Kühler aufgenommene Wärme kann nutzbringend verwertet werden.

Der Läufer kann als Trommelläufer ausgebildet sein oder aus Scheiben gleicher Festigkeit bestehen. Um Schwingungen an der Oberfläche der Kühlflüssigkeit in den Hohlräumen des Läufers zu vermeiden, wird er mit einer hohlgebohrten Läuferwelle ausgerüstet, die durch den Läufer hindurchführt. Das Innere der Hohlwelle ist durch Bohrungen mit den Kühlräumen des Läufers verbunden. Am Dampfaustritt werden Regelorgane für den Dampfdruck und die Flüssigkeitshöhe angeordnet. Durch diese bekannte konstruktive Maßnahme wird nun der Dampfdruck in der Hohlwelle so eingestellt, daß die Kühlräume des Läufers vollständig mit der Kühlflüssigkeit gefüllt sind. Die Ausbildung einer freien, gegebenenfalls pendelnden Flüssigkeitsoberfläche wird dadurch vermieden. Anzahl und Größe der Bohrungen in der Hohlwelle sind so bemessen, daß der im Läufer erzeugte Dampf sicher abgeführt werden kann. Da somit im Läufer kein Ausdampfraum vorhanden ist, werden Flüssigkeitstropfen vom Dampf mitgerissen. Dieses ist jedoch ohne Bedeutung, da die Trennung

von Dampf und Flüssigkeit im Speicherbehälter außerhalb des Läufers erfolgt. Man kann eine Vorabscheidung größerer Flüssigkeitstropfen dadurch erreichen, daß die lichte Weite der Hohlwelle am Dampfaustritt in an sich bekannter Weise kleiner gehalten wird als im Innern des Läufers. Innerhalb der Hohlwelle werden dann im Fliehkraftfeld die großen Flüssigkeitstropfen ausgeschleudert und bilden einen Wasserring, der über die kleinere lichte Weite hinweg nicht abfließen kann. Dieser Flüssigkeitsring kann zwar Schwingungen ausführen; da diese jedoch auf kleinem Durchmesser liegen, wird der ruhige Lauf der Turbine nicht beeinträchtigt.

Die Zeichnungen geben Ausführungsbeispiele der Anordnung nach der Erfindung schematisch wieder.

Abb. 1 zeigt den Weg des durch den Turbinenläufer 1 geführten Kühlmediums. Durch die Rohrleitung 2 tritt das Kühlmedium in das Einspeisesystem des Läufers ein, das im einfachsten Fall aus der Bohrung 3 in der Welle 4 und zwei oder mehreren radialen Bohrungen 5 besteht, die die Kühlflüssigkeit in die Hohlräume 6 des Läufers fördern. Die hohlgebohrte Welle 4 besitzt innerhalb des Läufers einen größeren Raum 7. Die Hohlräume 6 des Läufers, die vollständig mit Kühlflüssigkeit gefüllt sind, stehen durch Bohrungen 8 mit dem Raum 7 in der Welle 4 in Verbindung. Im Betrieb sammelt sich im Raum 7 der entstehende Dampf. Größere mitgerissene Flüssigkeitstropfen werden im Raum 7 abgeschieden und können gegebenenfalls noch einen kleinen Flüssigkeitsring bilden. Der Dampfaustritt 9 aus der Welle hat gegenüber dem Raum 7 eine kleinere lichte Weite, so daß gegebenenfalls abgeschiedene Flüssigkeitstropfen aus dem Raum 7 nicht nach außen gelangen können. Der Dampfdruck im Raum 7 der Welle kann durch die Drossel 10 so geregelt werden, daß die Hohlräume 6 des Läufers gerade vollständig mit Flüssigkeit gefüllt sind, während der entstehende Dampf den Raum 7 ausfüllt. Außer der Drossel 10 kann dieser Regelaufgabe auch das Ventil 11 in der Dampfleitung 12 dienen. Die Leitung 12 verbindet die Dampfaustrittsstelle 9 der Welle mit dem Speicherbehälter 13. In diesem Behälter, der einen genügend großen Dampfraum besitzt, wird die im Dampf noch in feinverteilter Form enthaltene Flüssigkeit vollständig abgeschieden und schließlich der trockengesättigte Dampf über die Leitung 14 in das Dampfnetz abgegeben. Ist der Druck im Dampfnetz nicht konstant, so muß der Dampfdruck im Speicherbehälter 13 durch ein Ventil 15 geregelt werden. Die für den Läufer 1 benötigte Kühlflüssigkeit wird dem Speicherbehälter durch die Leitung 16 entnommen. Im Kühler 17 wird die Kühlflüssigkeit auf eine wesentlich unter ihrem Siedepunkt liegende Temperaturstufe zurückgekühlt. Die im Kühlmittelkreislauf nachgeordnete Pumpe 18 ist so ausgelegt, daß sie eine Teilmenge der insgesamt benötigten Kühlflüssigkeit fördert. Sie soll eine möglichst steile Charakteristik haben, so daß die Fördermenge bei einem Druckanstieg möglichst wenig zurückgeht. Am besten wird dies mit einer Kolbenpumpe erreicht. Die restliche Teilmenge des dem Läufer zuzuführenden Kühlmediums gelangt über das Rückschlagventil 19 in die zum Läufer 1 führende Leitung 2. Durch die Leitung 20 wird jene Menge an Kühlflüssigkeit, die bei 14 in Form von Dampf in das Netz abgegeben wurde, wieder in den Speicherbehälter 13 eingeführt.

Die Abb. 2 zeigt eine andere Ausführungsform der Erfindung mit einem geschlossenen Kreislauf des Kühlmittels. Die Kühlanordnung des Läufers sowie

die Zuführung des flüssigen und die Abführung des verdampften Kühlmittels aus dem Läufer entspricht derjenigen der Abb. 1. Der Speicherbehälter 13 ist ähnlich einem Wärmetauscher mit Einbauten 21 eines sekundären Systems versehen, in denen Wasser verdampft. Durch die Rohrleitung 22 wird jeweils so viel Wasser in den Speicherbehälter eingeführt, daß innerhalb seiner Einbauten ein konstanter Wasserspiegel erhalten bleibt. Der sekundärseitig erzeugte Wasserdampf verläßt die Einbauten über die Leitung 23 und wird in ein Dampfnetz konstanten Druckes abgegeben. Über die Rohrleitung 20 werden im Kühlmittelkreislauf lediglich die Leckverluste an Kühlfüssigkeit ergänzt, so daß auch der Flüssigkeitsstand in den die Einbauten des Speicherbehälters umgebenden Räumen stets annähernd konstant bleibt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Gasturbine mit Verdampfungskühlung des Turbinenläufers, wobei die verdampfende Flüssigkeit dem Läufer über ein Absperrorgan zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Absperrorgan als Rückschlagventil ausgebildet ist, zu dem eine Pumpe parallel geschaltet ist, die dauernd eine Teilmenge der Kühlfüssigkeit fördert.

2. Gasturbine nach Anspruch 1, bei der das Einspeisesystem der Kühlfüssigkeit in dem Turbinenläufer gegen Wärmeübergang vom Läufer her isoliert ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlfüssigkeit mit einer Temperatur, die in an sich bekannter Weise wesentlich unter dem Siedepunkt liegt, in das Einspeisesystem eintritt.

3. Gasturbine nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der im Turbinenläufer (1) erzeugte Dampf in an sich bekannter Weise im Kreislauf über eine Drossel (10) in den Speicherbehälter (13) geführt wird, der mit Einbauten versehen ist, in denen Wasser verdampft, während der primärseitig zugeführte Dampf kondensiert.

4. Gasturbine nach Ansprüchen 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Rohrleitung der Kühlfüssigkeit vom Speicherbehälter zur Turbine vor dem Rückschlagventil und der Pumpe ein an sich bekannter Kühler angeordnet ist, in dem die Kühlfüssigkeit abgekühlt wird.

5. Gasturbine nach Ansprüchen 1 bis 4 mit einer hohlgebohrten Läuferwelle, deren Hohlraum (7) durch Bohrungen (8) mit den Kühlräumen (6) des Läufers verbunden ist und mit Regelorganen am Dampfaustritt für den Dampfdruck und die Flüssigkeitshöhe im Läufer, dadurch gekennzeichnet, daß der Dampfdruck durch die Regelorgane (10, 11) so eingestellt wird, daß die Kühlräume des Läufers vollständig mit Kühlfüssigkeit gefüllt sind.

6. Gasturbine nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die lichte Weite der Hohlwelle (4, 7) am Ort des Dampfaustritts (9) in an sich bekannter Weise kleiner ist als innerhalb des Läufers.

In Betracht gezogene Druckschriften:

Deutsche Patentschriften Nr. 960 327, 901 719, 865 839, 707 344.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

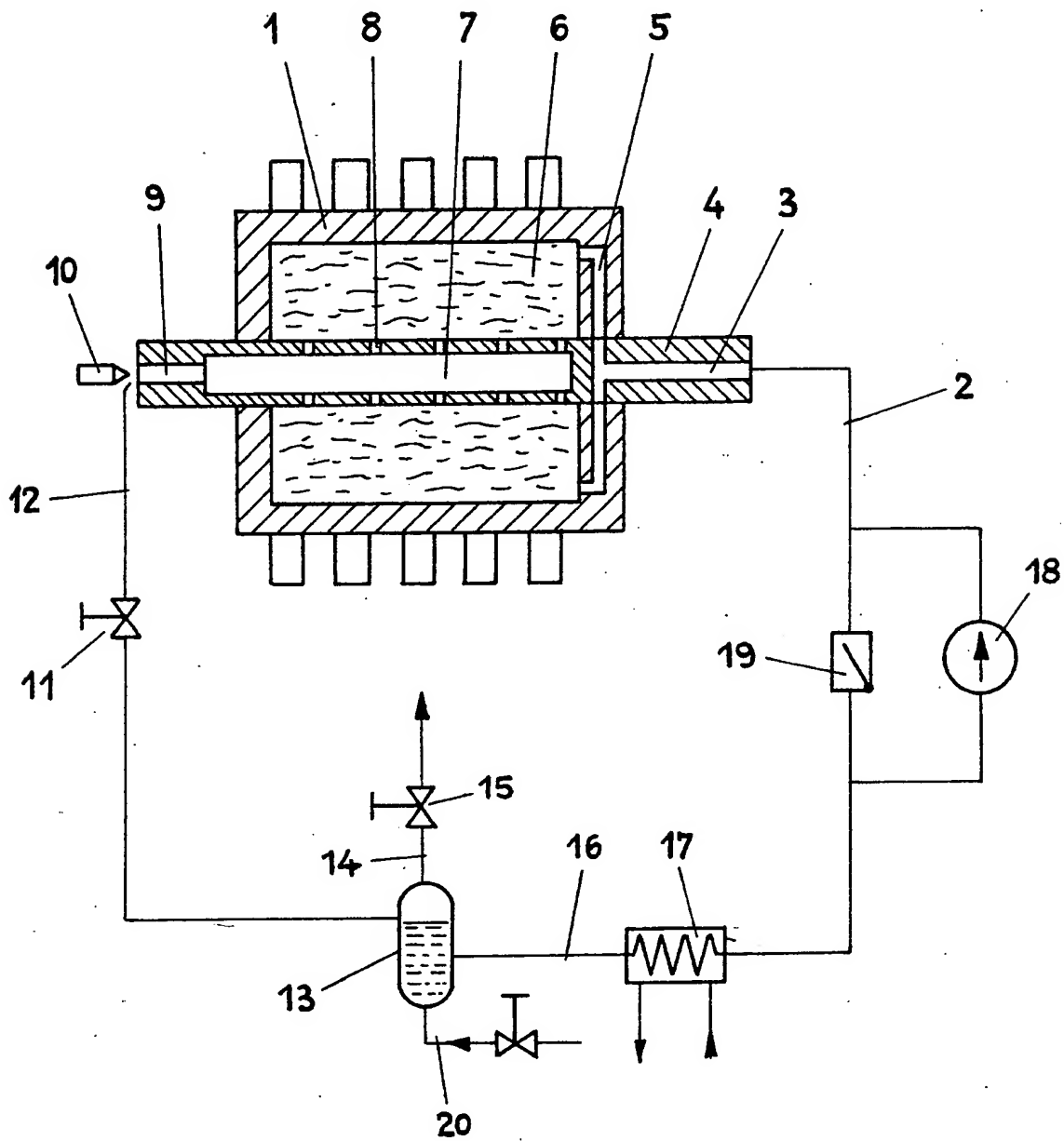


Abb. 1

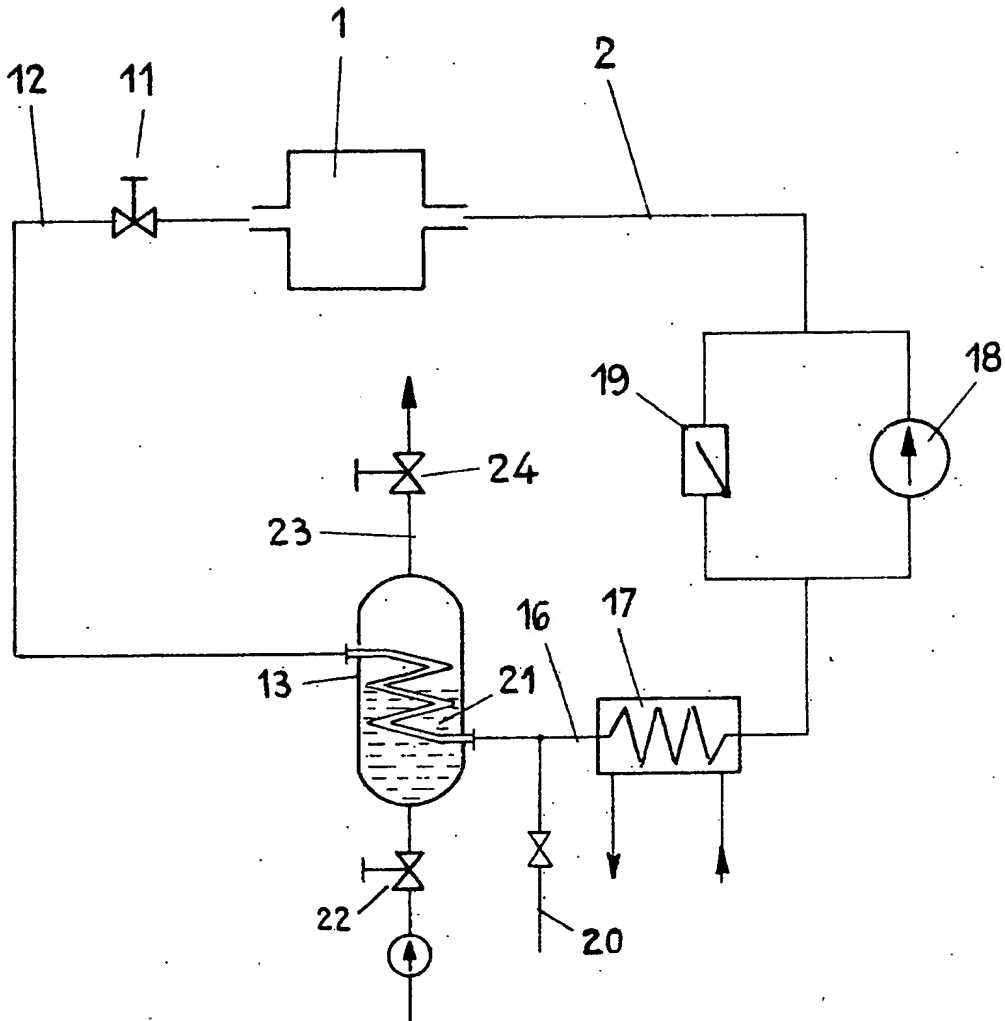


Abb. 2